“一带一路”沿线国家生物技术发展趋势研究

陈方*[1] 陈云伟[1] 丁陈君[1] 郑颖[1] 吴晓燕[1] 罗丹丹[2,3]
[1] 中国科学院成都文献情报中心 成都 610041
[2] 中国科学院微生物研究所 北京 100101
[3] 中国科学院—发展中国家科学院生物技术卓越中心 北京 100101

摘要： “一带一路”贯穿亚欧非大陆，联结活跃的东亚经济圈和发达的欧洲经济圈，以及中间经济发展潜力巨大的广大腹地国家与地区，“一带一路”战略将对中国未来国内外的政治、经济、文化、科技发展产生重大深远影响。本报告分析了“一带一路”沿线国家的科技发展基础条件，研究了“一带一路”沿线国家在生物技术领域取得的基础研究进展和专利技术研发进展的总体情况，综述了“一带一路”沿线国家生物技术产业发展现状和国际专利布局情况，并针对中国与“一带一路”沿线国家在生物技术领域进一步深化合作互利共赢提出了发展建议。

关键词： 一带一路 生物技术 生物经济 生物产业

A Study on the Trends of Biotechnology Development in Countries along the Belt and Road

Chen Fang[1], Ding Chenjun[1], Zheng Ying[1], Chen Yunwei[1], Wu Xiaoyan[1], Luo Dandan[2,3]
[1]Chengdu Library of Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041
[2]Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101
[3]CAS-TWAS Centre of Excellence for Biotechnology, Beijing 100101

Abstract: Running through the continents of Asia, Europe and Africa, the Belt and Road routes connect the vibrant East Asia economic circle, the developed European economic zone, and the encompassing countries and regions with huge potential for economic development. It will have profound and far-reaching impact on the political, economic, cultural and scientific & technological development of China in the future. As regards countries along the Belt and Road, this report analyzes the scientific and technological development foundation, studies the overall progress of biotechnology fundamental research and patent technology R&D, and summarizes the biotechnology industry development and the international patent distribution. Finally, suggestions are made accordingly to further deepen cooperation between China and its counterparts to achieve mutual benefit in the field of biotechnology.

Keywords: the Belt and Road，biotechnology，bio-economy，bioindustry

2013 年 9 月和 10 月，习近平总书记分别提出了建设“新丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”的战略构想，引起了国内和相关国家、地区乃至全世界的高度关注和强烈共鸣。2015 年 3 月，国家发展改革委、外交部、商务部联合发布了《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》，全方位阐释了“一带一路”战略的逻辑和构想，明确了合作对象与战略方向。

“一带一路”贯穿亚欧非大陆，联结活跃的东亚经济圈和发达的欧洲经济圈，以及中间经济发展潜力巨大的广大腹地国家与地区。“新丝绸之路经济带”北线重点畅通中国经中亚、俄罗斯至欧洲（波罗的海），中线畅通中国经中亚、西亚至

波斯湾、地中海，南线畅通中国至东南亚、南亚、印度洋；“21 世纪海上丝绸之路”向西重点贯通从中国沿海港口过南海到印度洋，延伸至欧洲，向东贯通从中国沿海港口过南海到南太平洋。在“一带一路”沿线 65 个国家基础上，还向境外延伸向多个欧洲和亚太地区的先进发达国家，境内带动西北、东北、西南、沿海和港澳台及内陆地区的长足发展，将对中国未来国外国内的政治、经济、文化、科技发展产生重大深远影响[1,2]。

1 “一带一路”沿线国家生物技术发展基础

从“一带一路”65 个沿线国家基础发展数据分布来看 2015 年，“一带一路”沿线 65 个国家人口总数达 32.0 亿人，占全球人口的 52.4%；人口密集的国家主要集中在南亚地区。根据 2015 年世界银行统计数据，“一带一路”沿线 65 个国家的国内生产总值（GDP）总量为 12.1 万亿美元，占全球 GDP 的 16.3%；其中高收入国家 16 个，中等偏上收入国家 23 个；人均国内生产总值超过 20000 美元的国家主要集中在波斯湾地区（图 1、图 2）。

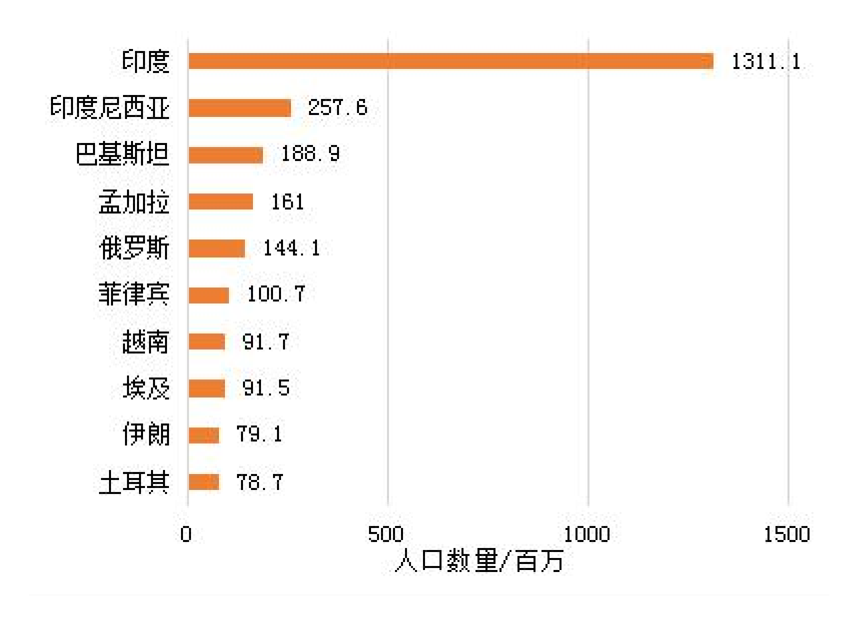


图 1 “ 一带一路”沿线国家人口数量 TOP10/百万（2015）

Fig. 1 Top 10 countries along the B&R routes based on the population/ million (2015)

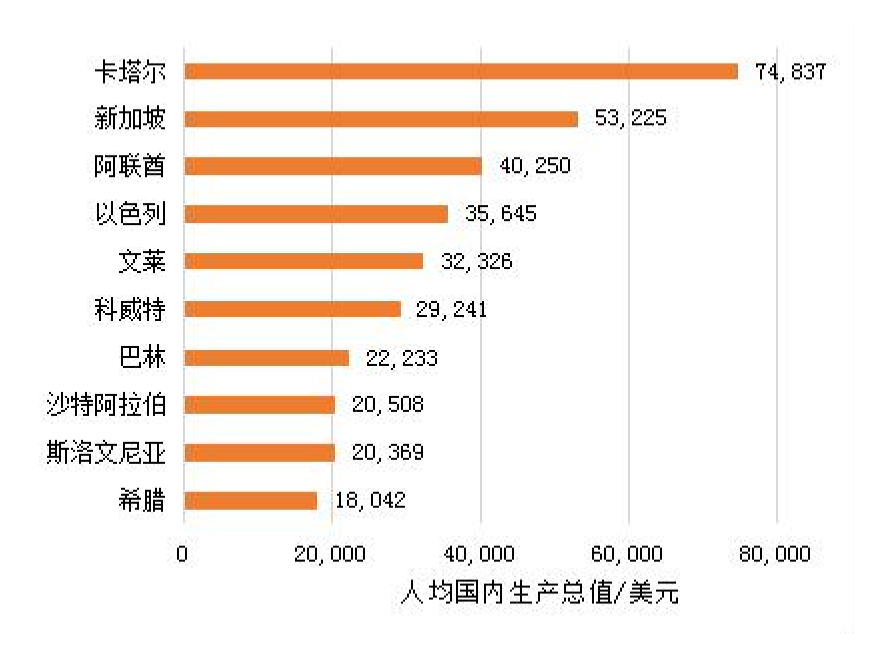


图 2 " 一带一路"沿线国家人均国内生产总值 TOP10/美元（2015）

Fig. 2 Top 10 countries along the B&R routes based on per capita GDP/ USD (2015).

在经济发展水平存在差异的同时，各国在整体科技发展水平上也有较大差距。例如，从在各自国内生产总值中的占比来看，以色列、斯洛文尼亚、新加坡等国近年（2005-2015 年）科技研发投入比值相对较大，俄罗斯和东欧的几个高收入国家的科技研发投入力度都居于前列；而 2015 年高技术出口总值占比较高的国家则主要位于东盟地区和东欧地区，以新加坡、越南、马来西亚等国家较为领先（图 3、图 4）。

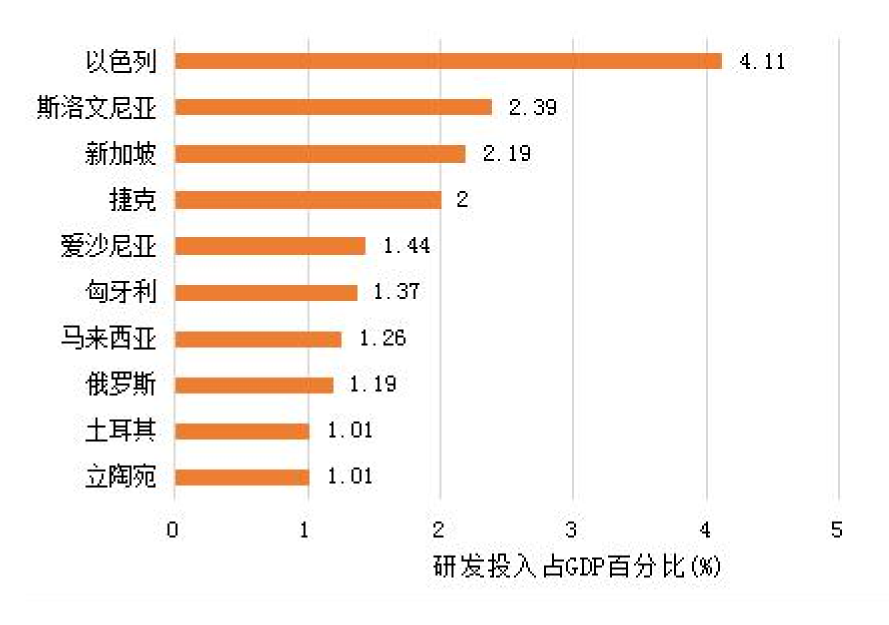


图 3 " 一带一路" 沿线国家研发投入在 GDP 中占比 TOP10（2015）

Fig. 3 Top 10 countries along the B&R routes based on the proportion of R&D investment in GDP (2015).

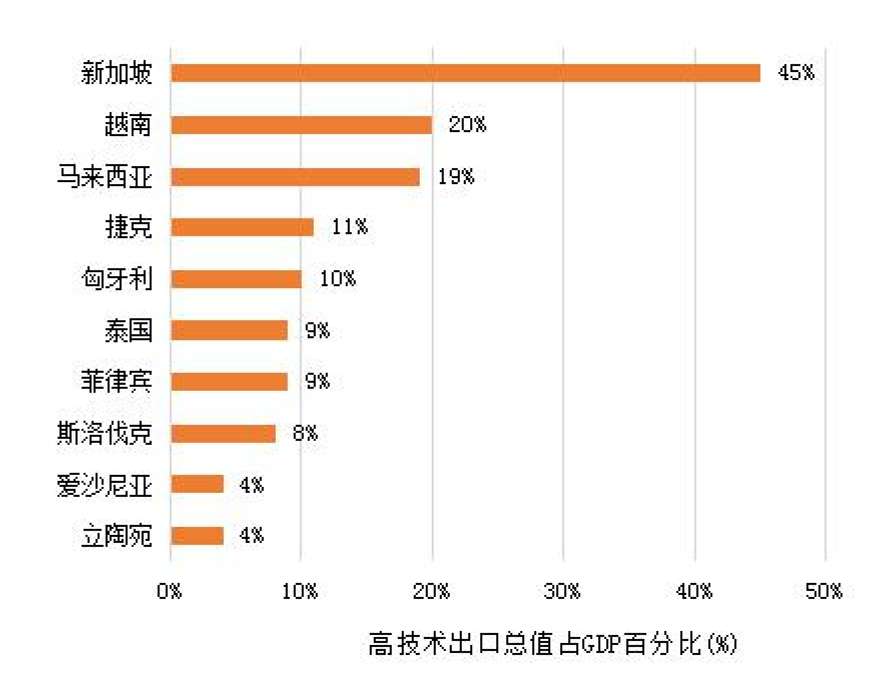


图 4 “一带一路”沿线国家高技术出口在 GDP 中占比 TOP10（2015）

Fig. 4 Top 10 countries along the B&R routes based on the proportion of hi-tech export value in GDP (2015).

从各国研发人员的体量来看，根据不完全统计，在“一带一路”沿线国家中，以色列、新加坡、俄罗斯、中东欧地区等国拥有相对数量较多的研究和技术开发人员（图 5、图 6）。

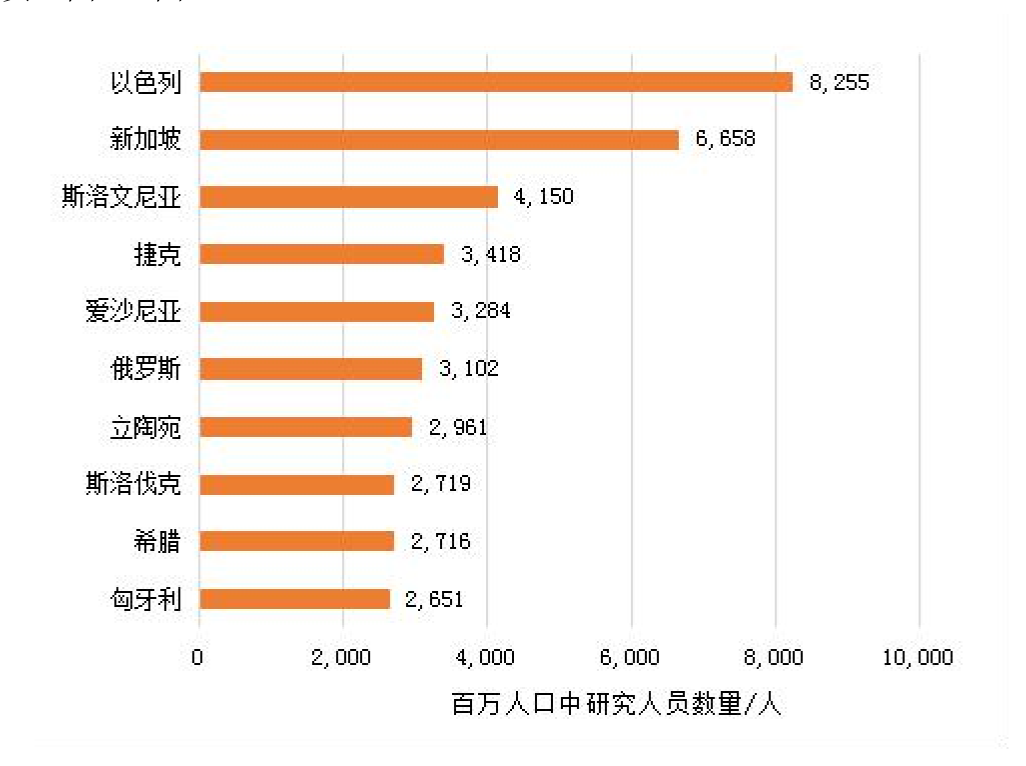


图 5 “一带一路”沿线国家研究人员数量 TOP10/百万人口（2005-2015）

Fig. 5 Top 10 countries along the Belt and Road based on the number of technical personnel/ million people (2005-2015).

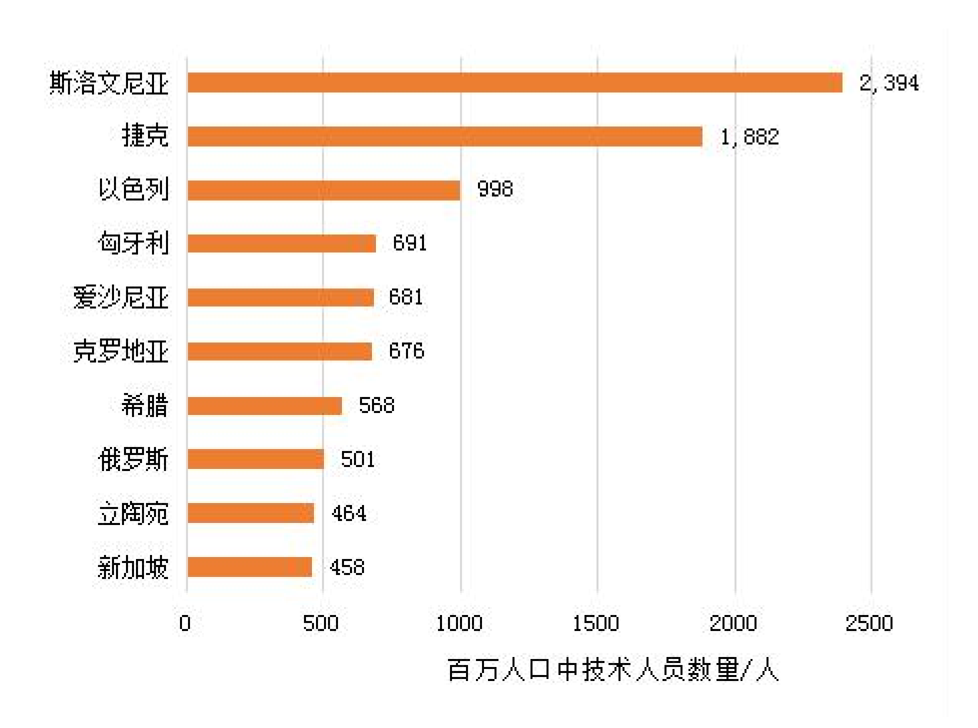


图 6 "一带一路"沿线国家技术人员数量 TOP10/百万人口（2005-2015）

Fig. 6 Top 10 countries along the Belt and Road based on the number of technical personnel/ million people (2005-2015).

从整体的科研产出能力来看，科研投入力度和研发人员体量较大的国家也拥有相对较强的实力。其中，以 2015 年人口（百万）为基数，2005-2015 年期间，平均研究论文发表数量和专利申请数量相对较多的国家主要包括新加坡、以色列和俄罗斯等东欧部分国家（图 7、图 8）。

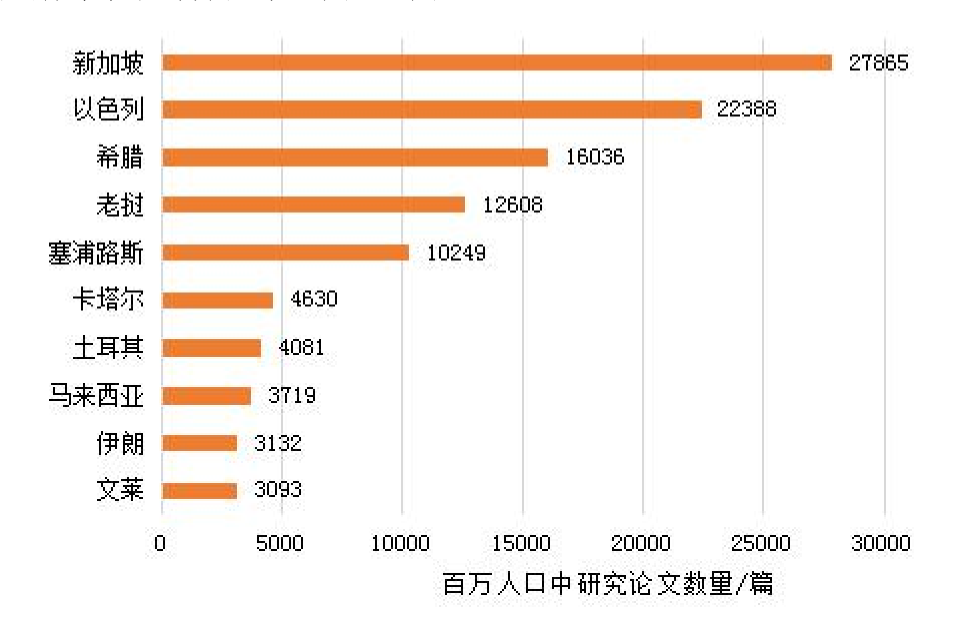


图 7 "一带一路"沿线国家研究论文发表数量 TOP10/百万人口（2005-2015）

Fig. 7 Top 10 countries along the B&R routes based on the number of research papers published/ million people (2005-2015

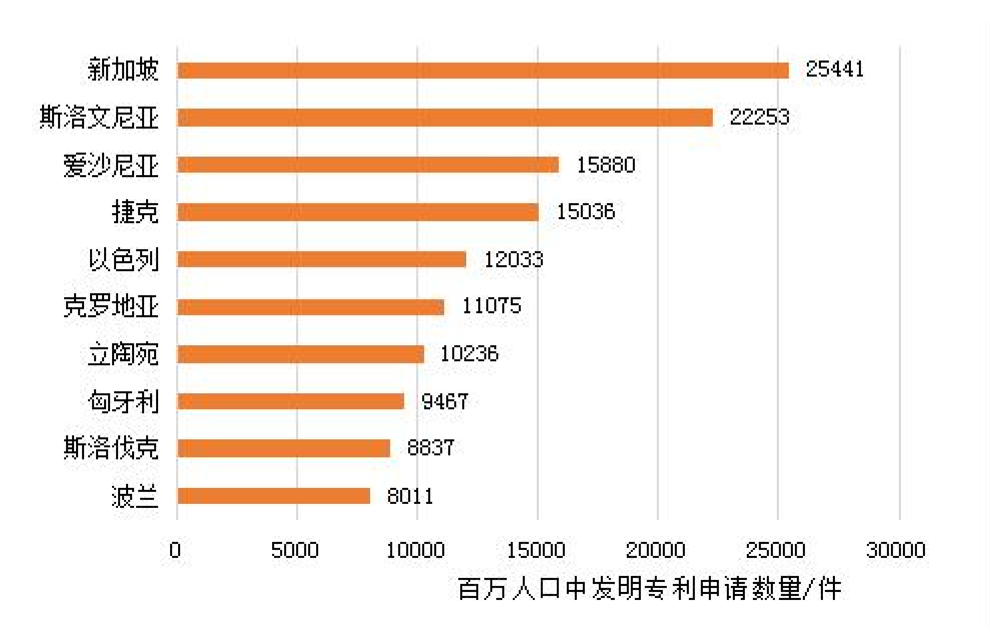


图 8 “一带一路”沿线国家发明专利申请数量 TOP10/百万人口（2005-2015）

Fig. 8 Top 10 countries along the B&R routes based on the number of invention patent applications/ million people (2005-2015).

2 “一带一路”沿线国家生物技术研发进展

根据世界经合组织（OECD）对生物技术的定义，生物技术主要指以现代生命科学为基础，结合先进的工程技术手段和其他基础学科的原理，按照预先的设计改造生物体或加工生物原料，生产某种产品或达到某种目的的技术。从应用领域来看，生物技术可大致划分为医药生物技术（主要用于医学、制药、临床等）、工业生物技术（主要用于食品、能源、制造、环保等）和农业生物技术（主要用于作物育种、基因改良等）。

本文从论文和发明专利出发，围绕“一带一路”国家生物技术研发进展现状开展文献计量分析。研究论文分析采用的数据来源为 Web of Science 检索平台，检索策略主要参考了近年研究报告[3]及相关文献报道，根据专家咨询有所修改调整。Web of Science 平台核心合集的数据源包括科学引文索引扩展版（Science Citation Index Expanded，SCI-E）收录的期刊论文。发明专利分析采用的数据来源为 IncoPat 科技创新情报平台，采用的检索策略主要参考了 OECD 报告[4]及相关文献报道，根据专家咨询有所修改调整。IncoPat 平台收录了世界主要经济体的申请与授权专利著录信息，涉及世界 105 个国家、地区和组织。

2.1 研究论文

2.1.1 总体情况

近 5 年（2012-2016 年）内，“一带一路”沿线国家在生物技术领域发表研究论文近 30 万篇，占全球生物技术领域发文总量的六分之一。其中，“一带一路”沿线国家在医药、工业和农业三个生物技术领域参与发表论文的数量分别占全球该领域发文总量的 16%、24%和 22%（图 9）。

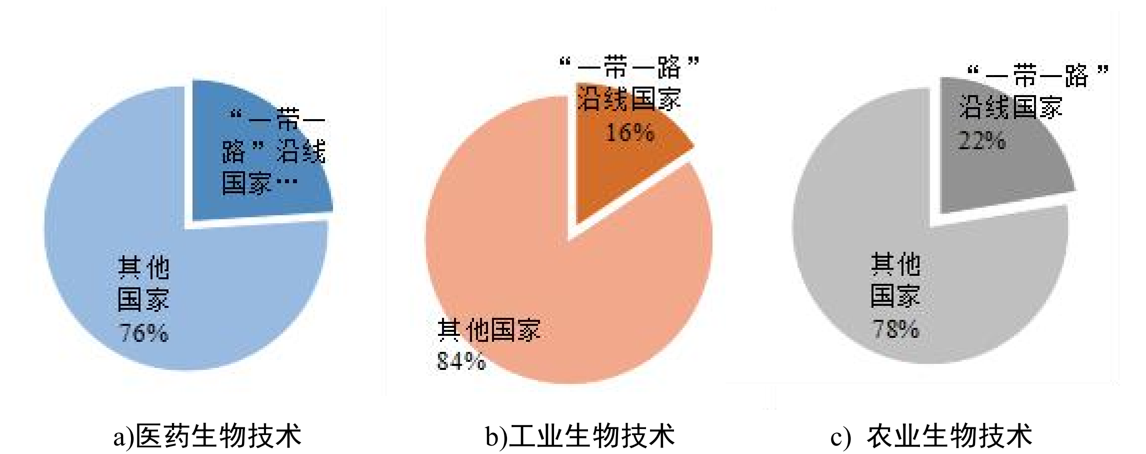


图 9 “一带一路”沿线国家生物技术领域发文量占全球该领域发文总量占比

Fig. 9 Proportion of biotechnology papers published in countries along the B&R routes compared to the global biotechnology papers.

从论文发表的年度增长趋势来看，三个领域的论文发表数量均表现出逐年稳步增长趋势。其中，医药生物技术领域论文发表基数庞大，增长趋势稳中有升（年均增长率为 6.26%），而发文数量增长最快的是工业生物技术领域（年均增长 8.25%），农业生物技术领域次之（年均增长 7.25%）。

“一带一路”沿线国家在发文方面积极与其他国家与地区开展合作，约 1/3 的研究论文都是通过国际合作的形式共同研究和发表的。在这些合作发表的研究论文中，其与美国合作的论文数量最多，占全部论文数的 13.01%，其次是英国和德国等，中国也是“一带一路”沿线国家合作发文的主要国家，合作发文总量占全部论文数量的 2.41%。（表 1）

表 1 “一带一路”沿线国家生物技术领域论文合作国家 TOP10

Table 1 Major countries with collaboration in biotechnology papers published by countries along the B&R routes.

序号	国家	合作论文数	合作论文占比
1	美国	39711	13.06%
2	英国	16584	5.45%
3	德国	15942	5.24%
4	法国	10768	3.54%
5	意大利	10398	3.42%
6	澳大利亚	8232	2.71%
7	加拿大	7542	2.48%
8	中国	7321	2.41%
9	荷兰	7200	2.37%
10	日本	6885	2.26%

“一带一路”沿线国家在医药、工业和农业生物技术领域的高被引论文总数分别为 2290 篇、494 篇和 187 篇。其中，超过 60%的高被引论文为“一带一路”区域外国际合作发表的论文（图 10）。（在 Web of Science 平台中，基本科学指标（Essential Science Indicators，ESI）将某特定领域中过去 10 年间被引用次数排名在全球前 1% 的文章评为“高被引论文（highly cited papers）”。

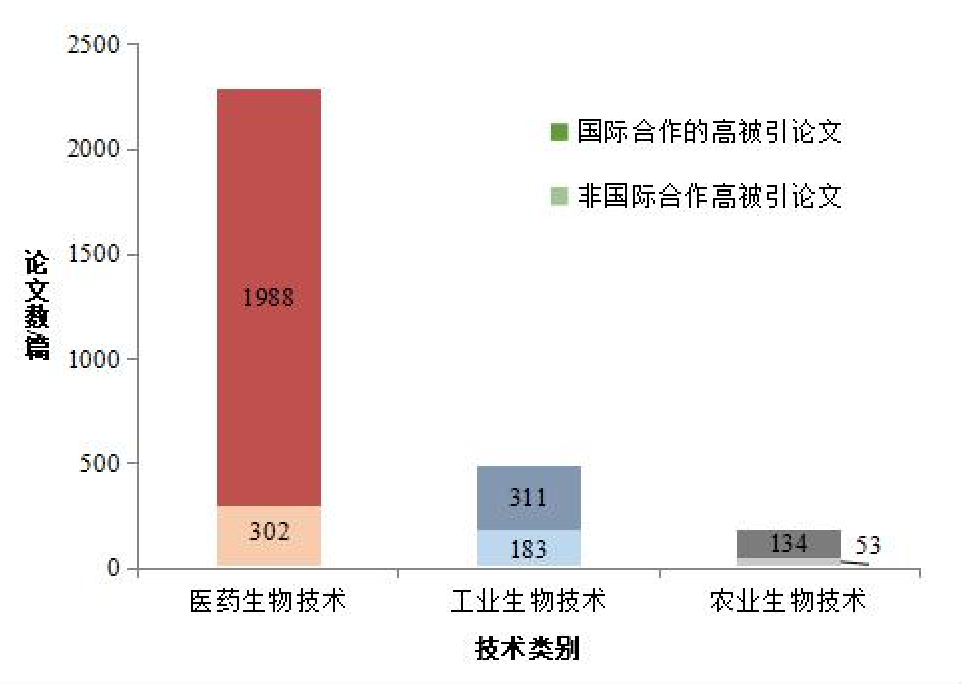


图 10 高被引论文的国际合作论文与国际合作论文比例

Fig. 10 The proportion of highly cited international collaborative papers in the total number of international collaborative papers.

2.1.2 医药生物技术

2012-2016 年，医药生物技术领域发文量最高的国家是印度。如表 2 所示，从科研水平的地域分布来看，发文量靠前的国家基本均匀分布在各个区域，尽管各国差异较为明显，但从区域来看，除中亚 5 国科研水平整体偏低，中东欧区域整体水平较高以外，其他区域的整体水平相差不大。

表 2 “一带一路”沿线国家医药生物技术领域发文量 TOP10 国家（2012-2016 年）

Fig. 2 TOP10 countries along the B&R routes in terms of number of papers published in the field of medical biotechnology of (2012-2016).

序号	国家	发文量
1	印度	47726
2	土耳其	26026
3	波兰	22220
4	伊朗	16503
5	以色列	15416
6	俄罗斯	13140
7	希腊	12967
8	新加坡	11767
9	捷克共和国	9750
10	沙特阿拉伯	9192

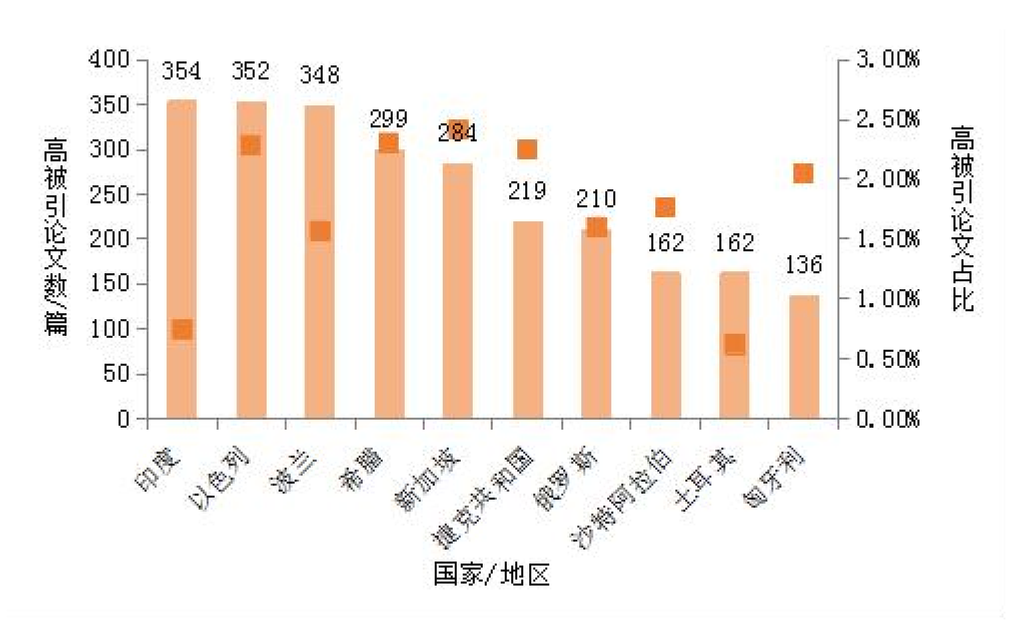


图 11 医药生物技术领域高被引论文发表量 TOP10 国家及其高被引论文占比

Fig. 11 Top 10 countries with the highly cited papers in the field of medical biotechnology and the proportion of these highly cited papers to the total number.

2012-2016 年，印度、以色列和波兰是医药生物技术领域高被引论文发表相对校多的三个沿线国家，且数量十分接近（图 11）。从各个国家高被引论文在全部论文数量中的比例来看，新加坡的高被引论文占比最大，为 2.41%。以色列、希腊、捷克共和国和匈牙利等国高被引论文占比也都在 2%以上。

2.1.3 工业生物技术

2012-2016 年，工业生物技术领域发文量居于前十位的国家如表 3，印度是发文量最多的国家，且发文量远远多于排名第二的伊朗。从科研水平的地域分布来看，国家发文量靠前的国家没有分布在东亚地区。

表 3 “一带一路”沿线国家工业生物技术领域发文量 TOP10 国家（2012-2016 年）

Fig. 3 TOP10 countries along the B&R routes in terms of number of papers published in the field of industrial biotechnology, 2012-2016.

序号	国家	发文量
1	印度	14696
2	伊朗	5213
3	波兰	5070
4	土耳其	4384
5	马来西亚	3484
6	俄罗斯	3369
7	捷克共和国	2540
8	巴基斯坦	2221
9	沙特阿拉伯	2185
10	泰国	2176

2012-2016 年，印度是工业生物技术领域高被引论文发表数量最多的国家，且优势明显，其余 9 个国家高被引论文发表数量较为接近（图 12）。从高被引论文占比情况来看，印度、伊朗、土耳其和俄罗斯占比较低，分别为 0.80%、0.67%和 0.55%和 0.62%。以色列高被引论文占比最大，为 2.37%。此外，沙特阿拉伯

和新加坡高被引论文占比也都在 2%以上。

图 12 工业生物技术领域高被引论文发表量 TOP10 国家及其高被引论文占比

Fig.12 Top 10 countries in terms of number of highly cited papers in the field of industrial biotechnology and the proportion of these highly cited papers to the total number..

2.1.4 农业生物技术

2012-2016 年，农业生物技术领域发文量前十的国家如表 4，印度是发文量最多的国家，且发文量是排名第二的巴基斯坦的三倍多。从科研水平的地域分布来看，国家发文量靠前的国家没有位于东亚和中亚地区的国家。各国差异较为明显，但除中亚 5 国科研水平整体偏低，中东欧区域整体水平较高以外，其他区域的整体水平相差不大。

表 4 “一带一路”沿线国家农业生物技术领域发文量 TOP10 国家（2012-2016 年）

Fig. 4 TOP10 countries along the B&R routes in terms of number of papers published in the field of agricultural biotechnology, 2012-2016.

序号	国家	发文量
1	印度	5063
2	巴基斯坦	1433
3	伊朗	1391
4	波兰	1387
5	土耳其	993
6	俄罗斯	868
7	捷克	786
8	以色列	714
9	埃及	613
10	沙特阿拉伯	593

2012-2016 年，印度是农业生物技术领域高被引论文发表数量最多的国家，且远多于居于第二的沙特阿拉伯的发表量。TOP10 国家中，除印度以外，其余九国的高被引论文发表数量比较接近（图 13）。从高被引论文占比情况来看，印度、巴基斯坦和伊朗占比较低，分别为 0.99%、0.77%和 0.58%。沙特阿拉伯高被引论文占比最大，为 3.04%。此外，新加坡、菲律宾和斯洛文尼亚等国高被引论文占比也都在 2%以上。

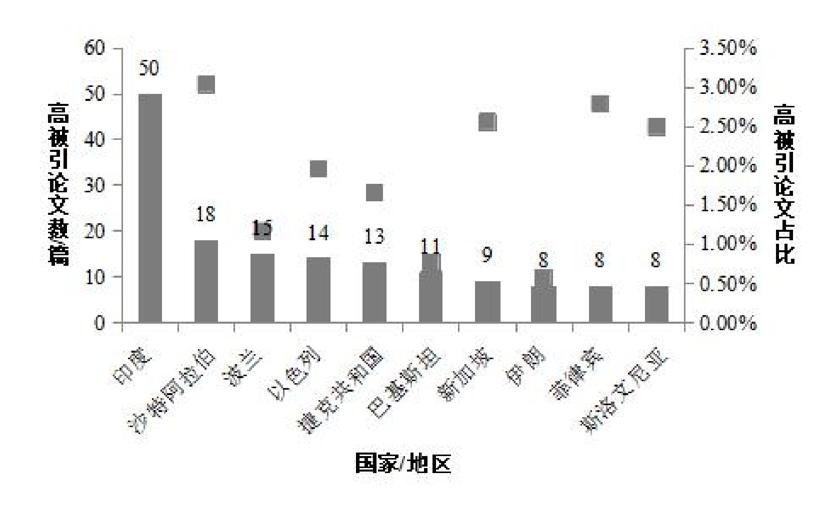
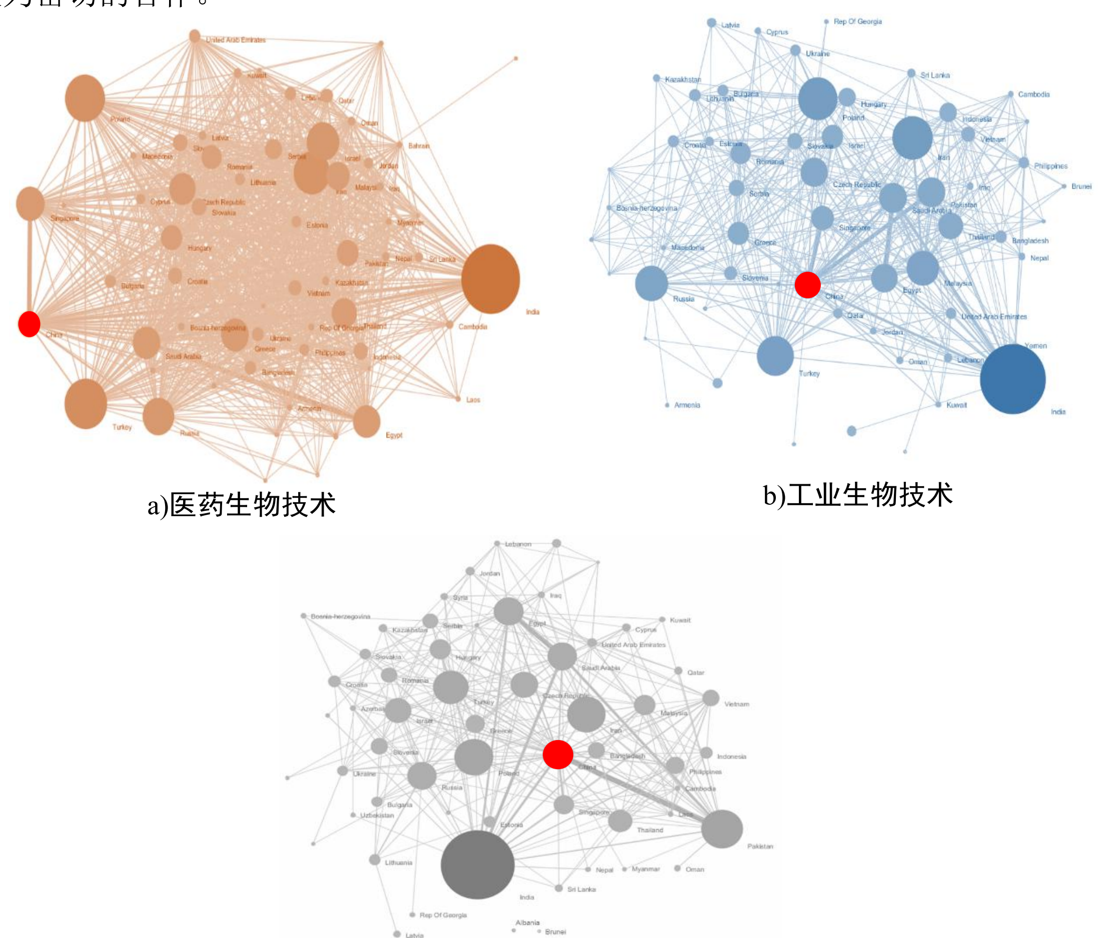


图 13 农业生物技术领域高被引论文发表量 TOP10 国家及其高被引论文占比

Fig. 13 Top 10 countries in terms of number of highly cited papers in the field of agricultural biotechnology and the proportion of these highly cited papers to the total number.

2.1.5 生物技术国际合作

"一带一路"沿线国家在医药生物技术领域的合作较为紧密，65 个国家之间及其和中国之间形成了密集的合作网络。其中，新加坡与中国的合作关系最为紧密。匈牙利、巴基斯坦、印度和沙特阿拉伯与中国之间也有较为紧密的合作关系。从研究论文合作网络（图 14）来看，在工业生物技术领域，新加坡、巴基斯坦、印度和沙特阿拉伯与中国的都有较紧密的合作关系。埃及和沙特阿拉伯、印度与沙特阿拉伯、马来西亚与伊朗、马来西亚与孟加拉国、波兰与乌克兰之间都存在较为密切的合作。



a)医药生物技术

b)工业生物技术

c)农业生物技术

图 14 “一带一路”沿线国家及中国的生物技术论文合作网络

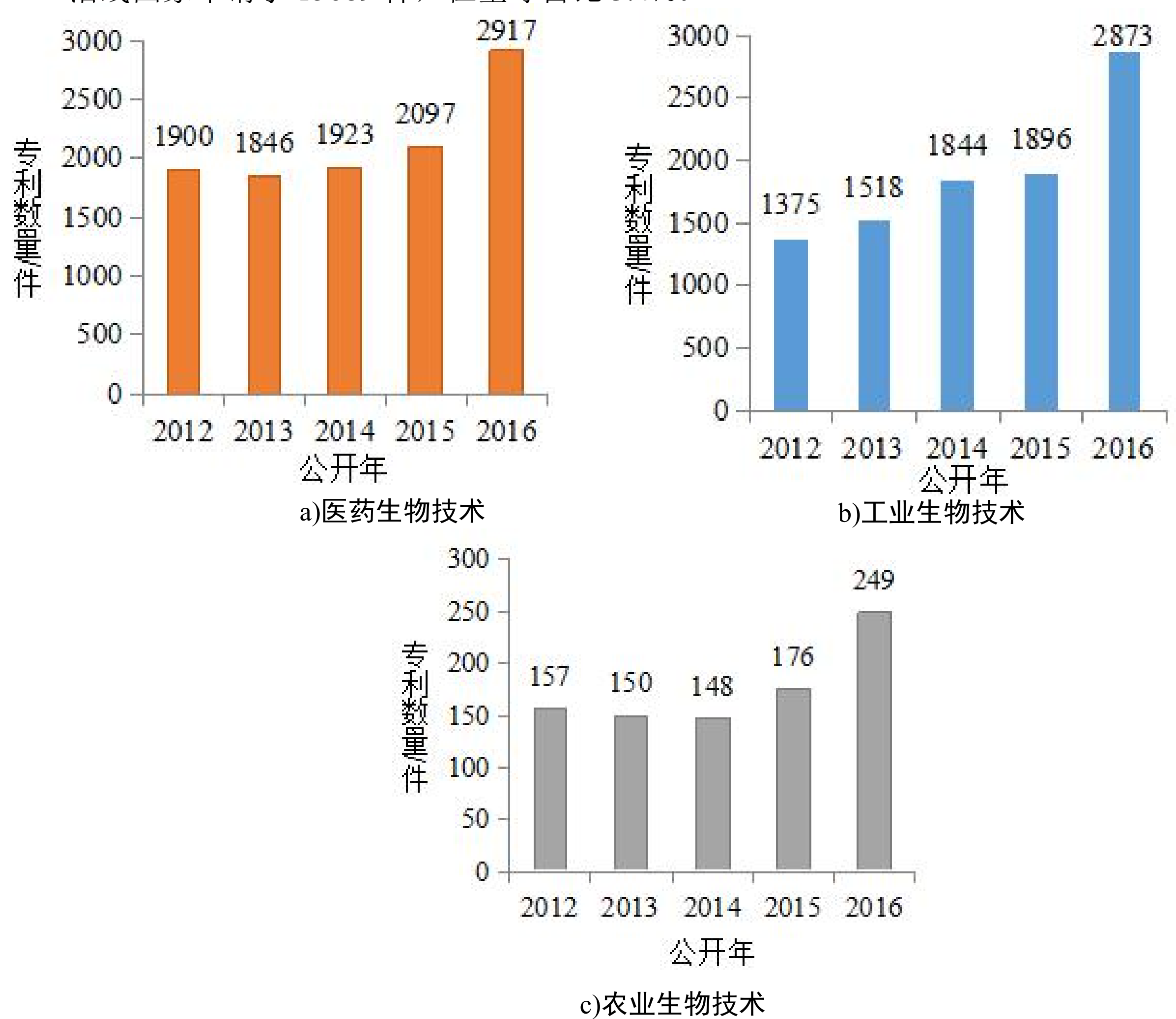
Fig. 14 The paper collaborative network in the field of biotechnology between countries along the B&R routes and China

阿尔巴尼亚和文莱在 2016 年农业生物技术领域分别发表论文 3 篇和 2 篇，除了这两国没有和其他“一带一路”沿线国家以及中国发生合作关系，其余各国都产生了两国或多国合作。其中，中国与巴基斯坦的合作最为紧密，此外与印度、新加坡、以色列、土耳其、埃及和沙特阿拉伯等多国都有较为紧密的合作关系。“一带一路”沿线国家之间的合作以埃及和沙特阿拉伯最为紧密，且它们与印度形成了三国密切合作的关系（图 14）。

2.2 发明专利

2. 2. 1 总体情况

2012~2016 年，全球总计申请生物技术发明专利 467342 件，其中,“一带一路”沿线国家申请了 15689 件，在全球占比 3.4%。



c)农业生物技术

图 15 “一带一路”沿线国家生物技术领域专利申请数量公开趋势（2012-2016）

Fig. 15 Publication trends of number of patent applications in medical biotechnology in countries along the B&R routes (2012-2016).

图 15 所呈现的“一带一路”沿线国家生物技术专利年度发展趋势显示，2012~2016 年间“一带一路”沿线国家在工业生物技术专利产出方面取得了较快的增长。例如，在医药生物技术和农业生物技术领域，“一带一路”沿线国家在 2014 年以前几年专利产出数量维持稳定，仅从 2015 年开始则呈现出显著增长的态势，两个领域专利产出的年复合增长率分别为 11.3%和 12.2%；而在工业生物技术领域，“一带一路”沿线国家则呈现出持续增长的态势，年复合增长率达到 20.2%。

表 5 统计了在三大生物技术领域“一带一路”沿线国家合作国家数最多的前 10 个国家。中国在三大领域与个别“一带一路”沿线国家均有专利合作，但合作程度相对较低，位列第 10 名。其中，在医药生物技术领域，与 7 个国家总计合作申请了 14 件专利；在工业生物技术领域，与 12 个国家总计合作申请了 12 件专利；在农业生物技术领域仅与以色列合作申请了 1 件专利。

表 5 “一带一路”沿线国家生物技术领域专利论文的主要合作国家 TOP10

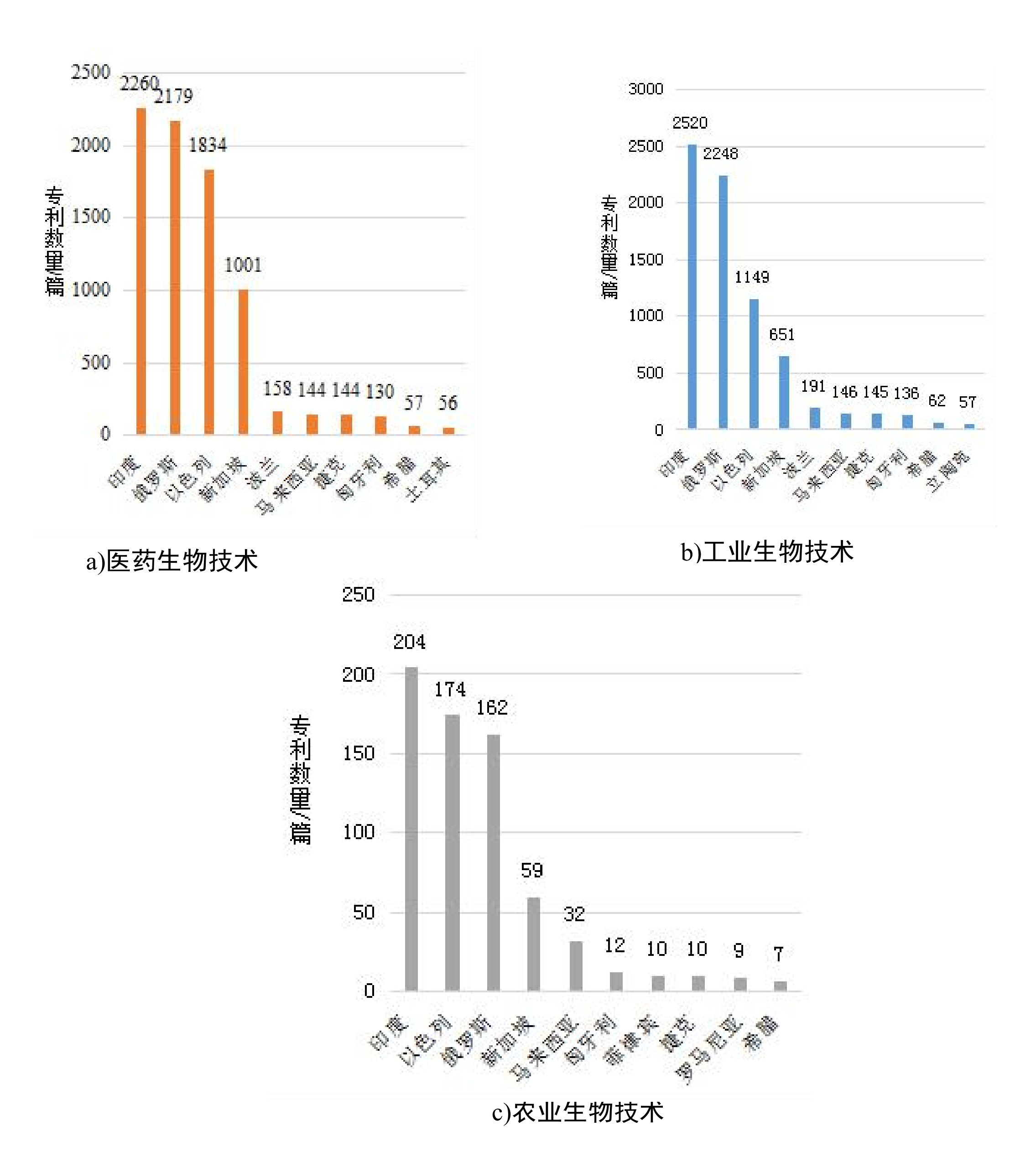
Table 5 Top 10 countries with collaboration in patent applications filed by countries along the B&R routes (2012-2016).

序号	国家	合作专利数	合作专利占比
1	美国	590	3.76%
2	日本	130	0.83%
3	德国	97	0.62%
4	法国	77	0.49%
5	英国	76	0.48%
6	瑞士	65	0.41%
7	澳大利亚	55	0.35%
8	加拿大	35	0.22%
9	奥地利	27	0.17%
9	中国	27	0.17%

2.2.2 领域分布情况

2012~2016 年,“一带一路”沿线国家总计申请了医药生物技术发明专利 10683 件、工业生物技术发明专利 9506 件、农业生物技术发明专利 880 件。印度、以色列、俄罗斯和新加坡 4 个国家是“一带一路”沿线国家中医药、工业和农业生物技术发明专利产出数量最多的国家,上述四个国家合计申请的专利数量在所有“一带一路”沿线国家申请总量中的占比分别高达 84%、83%和 81%。

从“一带一路”沿线国家在各领域中专利申请数量的具体分布（如图 16）来看，印度在三大领域中的占比均为最高。在医药和工业领域，俄罗斯、以色列、新加坡分列第二至四位；在农业领域，以色列、俄罗斯和新加坡分列第二至四位。其他进入 TOP10 的国家主要包括马来西亚、捷克、匈牙利和希腊等国，但所占份额均较低，未超过 5%，多数低于 2%。



a)医药生物技术

b)工业生物技术

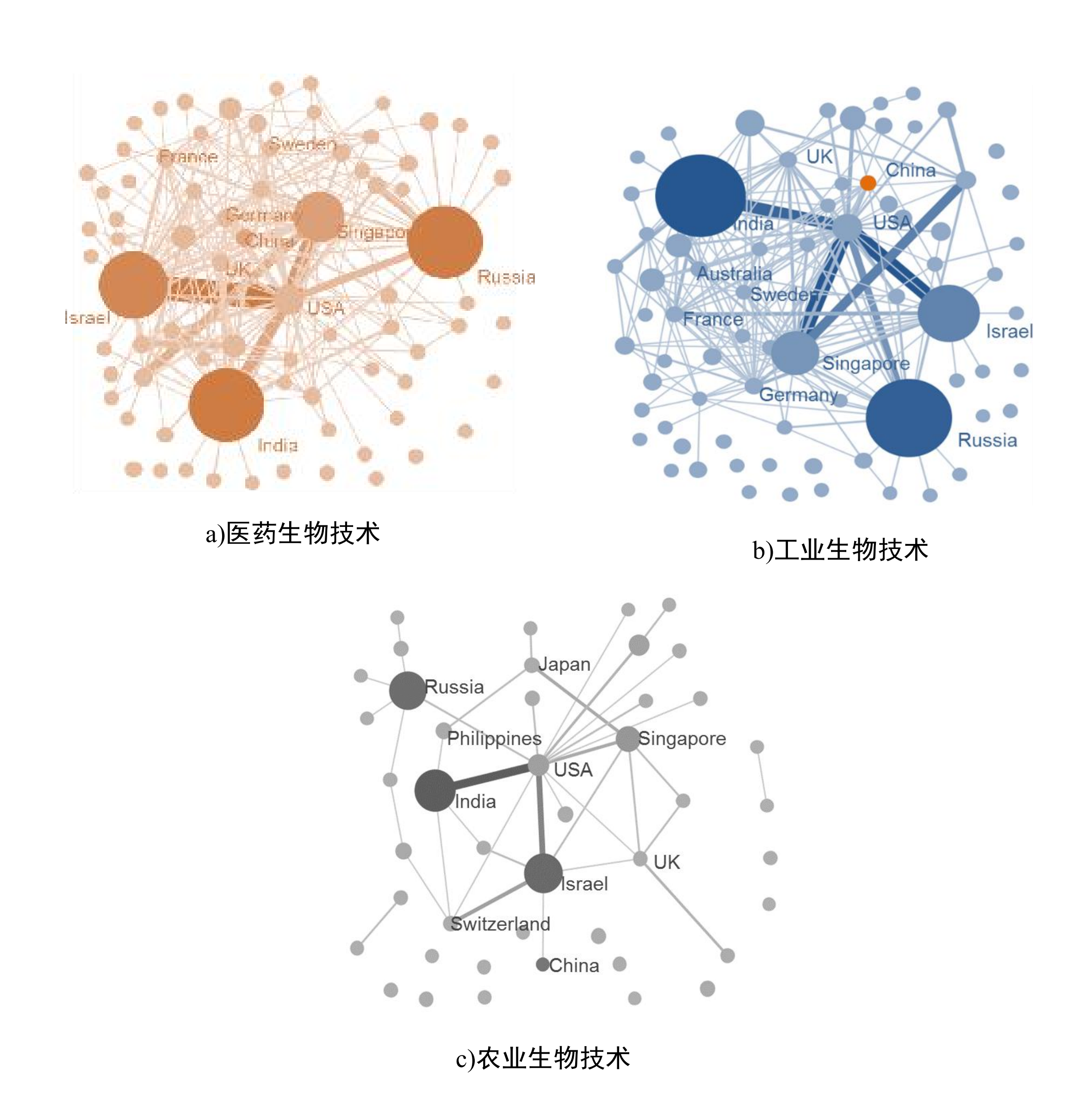
c)农业生物技术

图 16　“一带一路”沿线国家生物技术领域专利申请数量公开趋势（2012-2016）

Fig. 16 Distribution of patent application number in areas of biotechnology in countries along the B&R routes (2012-2016).

2.2.3 国际合作情况

图 17 对“一带一路”沿线国家在三大生物技术领域的专利合作网络进行了可视化研究，从可视化结果分析可见，“一带一路”沿线国家间的专利合作力度较弱，而与美国等科技发达国家建立了相对较强的合作关系，美国、英国等科技发达国家在“一带一路”沿线国家专利合作网络中发挥了桥梁和纽带作用。例如，医药生物技术发明专利申请中，“一带一路”沿线国家合作最多的前 10 个国家中有 6 个均是其他科技发达国家，分别是美国、英国、瑞士、德国、法国和瑞典；工业生物技术发明专利申请中，“一带一路”沿线国家合作最多的前 10 个国家中有 6 个均是其他科技发达国家，分别是美国、德国、瑞典、英国、法国和澳大利亚；农业生物技术发明专利申请中，“一带一路”沿线国家合作最多的前 10 个国家中有 4 个均是其他科技发达国家，分别是美国、英国、瑞士和日本。



a)医药生物技术

b)工业生物技术

c)农业生物技术

图 17　“一带一路”沿线国家生物技术专利申请合作网络

Fig. 17 Cooperation network of patent application in areas of biotechnology in countries along the B&R routes (2012-2016).

3 “一带一路”沿线国家生物技术产业布局

3.1 国际产业布局

“一带一路”建设是我国在新的历史条件下实行全方位对外开放的重大举措，为国际科技合作和互利共赢提供了重要平台，也蕴藏着现代科技产业的无限机遇。 生物产业已成为全球战略性新兴产业，部分发达国家在生物产业方面已经形成成熟机制并取得了令人瞩目的成就，“一带一路”沿线主要国家也在积极推动现代生物产业发展，将其作为经济增长的新突破口。

当前，国际生物技术产出和生物产业发展活跃的地区仍以发达国家为主。从产业结构来看，“一带一路”沿线的亚洲地区国家以生物医药产业、生物资源转化利用产业为先导，带动生物产业发展；中东欧地区的国家则主要以生物化工、环保为优势产业，重点发展生物技术在工业领域中的应用。随着“一带一路”战略构

想的不断发展，将进一步有利于相关资源、技术与产业的流通和融合，促进沿线国家现代生物产业的长足发展。

新加坡是“一带一路”战略的重要参与国，作为世界重要港口，处于中国海上交通的重要战略位置。新加坡早期的经济腾飞有赖于电子制造业的快速发展，进入 21 世纪，新加坡高度重视生物产业战略布局，提出 5 年跻身生物技术顶尖国家行列的目标，向转变产业形态和发展为生物技术强国发起冲击。通过提供政策税收优惠、建设生物技术工业园区等方式，吸引了众多跨国生物技术企业设立地区总部、投资兴建工厂、成立研发中心等，迅速形成产业聚集，发展为亚洲生物产业的中心。目前生物技术产业已成为新加坡四大支柱产业之一，有超过 30 家国际制药巨头在新加坡启奥生物医药园（Biopolis）设有运营，包括艾伯维、安进、百特、拜耳、诺华、罗氏、武田及葛兰素史克等[5,6,7]。

以色列的生物技术产业涵盖了医疗、制药、工业等多个领域，是基础研究创新和企业研发活动都极为活跃的世界中心之一，近年在生物育种、藻类生物能源等方面积极开展研究，而生物医药行业增长最为迅速。以色列拥有像梯瓦制药（Teva）、塔罗制药（Taro）这样的大型企业，也有 InterPharm、Evogene 这样的初创企业，很多本土企业都拥有核心技术，在领先前沿研究的同时确保商业化成功，同时吸引大量国际合作机会，强生、通用、默克、赛诺菲等跨国制药公司也都在以色列设有分部[8,9]。

印度是亚洲较早提出大力发展生物技术产业的国家，利用其丰富的自然资源和智力资源，于本世纪初在生物技术应用领域就定位于世界级的生物制造中心，近年取得了瞩目成就。印度生物技术产业具有国际化程度高、增长速度快及创新力强的特点，已成为亚洲地区最大的生物医药外包研发基地，并拥有较高的农业生物技术产品的出口量[10,11,12]。

泰国、马来西亚等东南亚国家生物质资源丰富，具有良好的投资环境。2015 年 3 月，中国科学院启动了中国科学院“一带一路”微生物资源利用技术合作网络，与泰国国家遗传工程与生物技术研究中心（BIOTEC）、泰国科技研究所（TISTR）分别签署了为期 5 年的全面合作备忘录，商定建立联合研究中心，在菌种保藏、微生物大数据以及酵母菌乳酸菌虫生真菌等方面开展合作，促进中泰两国在微生物领域的全面合作[13]。

中东欧区域各国在生物化工和生物环保产业等方面发展颇具特色。例如，波兰通过细致的政策法规与强大的数据、技术支持，在废水和固体废弃物管理、能源效率、生物能源和清洁工业加工等环境技术方面卓有成效[14,15]。

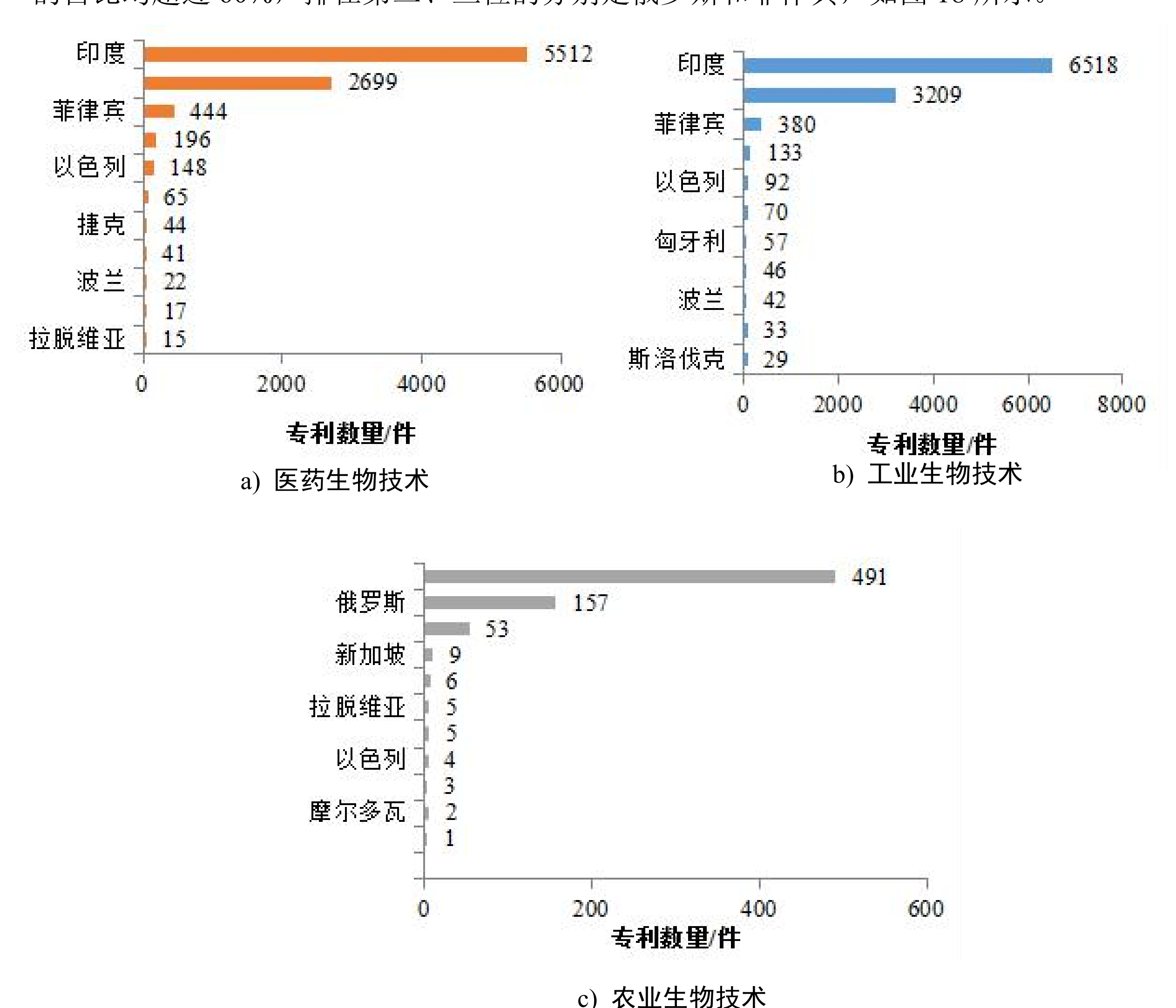
总体来看，“一带一路”沿线国家中既有印度这样具有产能优势与广阔市场的生物技术大国，也不乏新加坡、以色列这样的拥有前沿技术和良好商业环境的生物技术创新型国家，但缺乏在技术上引领及在市场上主导全球的生物技术强国。促进中国与“一带一路”沿线国家充分开展技术交流、产能合作，能够有效发挥资源、技术、人力、市场等方面的优势互补，寻求共赢发展。

在“一带一路”发展战略的指引下，我国生物技术产业也正在积极拓展多种形式的区域内海外合作。2010 年底，安琪酵母在埃及建设工厂，投资总额 7500 万美元，设计年产能 1.5 万吨干酵母，在埃及当地提供了 300 多个就业岗位[16]。2015 年 9 月，安琪酵母在俄罗斯的工厂正式动工开建，总投资 4.63 亿元，年设计产能 2 万吨，投产后将成为俄罗斯最先进的酵母工厂[17]。2014 年 5 月，山东金禾生化集团股份有限公司投资 1.3 亿美元在匈牙利东北部的考津茨包尔齐考市建设柠檬酸厂，设计年产 10 万吨柠檬酸及盐，并在当地提供 160 个工作岗位[18]。2014

年 9 月，安徽丰原生物化学股份有限公司兴建的柠檬酸发酵工厂在匈牙利索尔诺克工业园奠基，总投资 1.34 亿美元，设计年产 6 能万吨[19]。此类行动将帮助优化国内部分产业的产能结构，有利于国内企业的设备、技术出口，充分利用海外基地的丰富资源，占领国际市场，实现生产和销售“两头在外”，促进产业良性成长。

3.2 国际专利布局

2012~2016 年，“一带一路”沿线国家总计受理了医药生物技术发明专利 8203 件、工业生物技术发明专利 10608 件、农业生物技术发明专利 736 件，且受理数量呈逐年递增态势。从受理国的排名来看，仅印度一个国家的受理量在三大领域的占比均超过 60%，排在第二、三位的分别是俄罗斯和菲律宾，如图 18 所示。



a) 医药生物技术

b) 工业生物技术

c) 农业生物技术

图 18 “一带一路”沿线国家受理的生物技术专利所占份额（2012-2016）

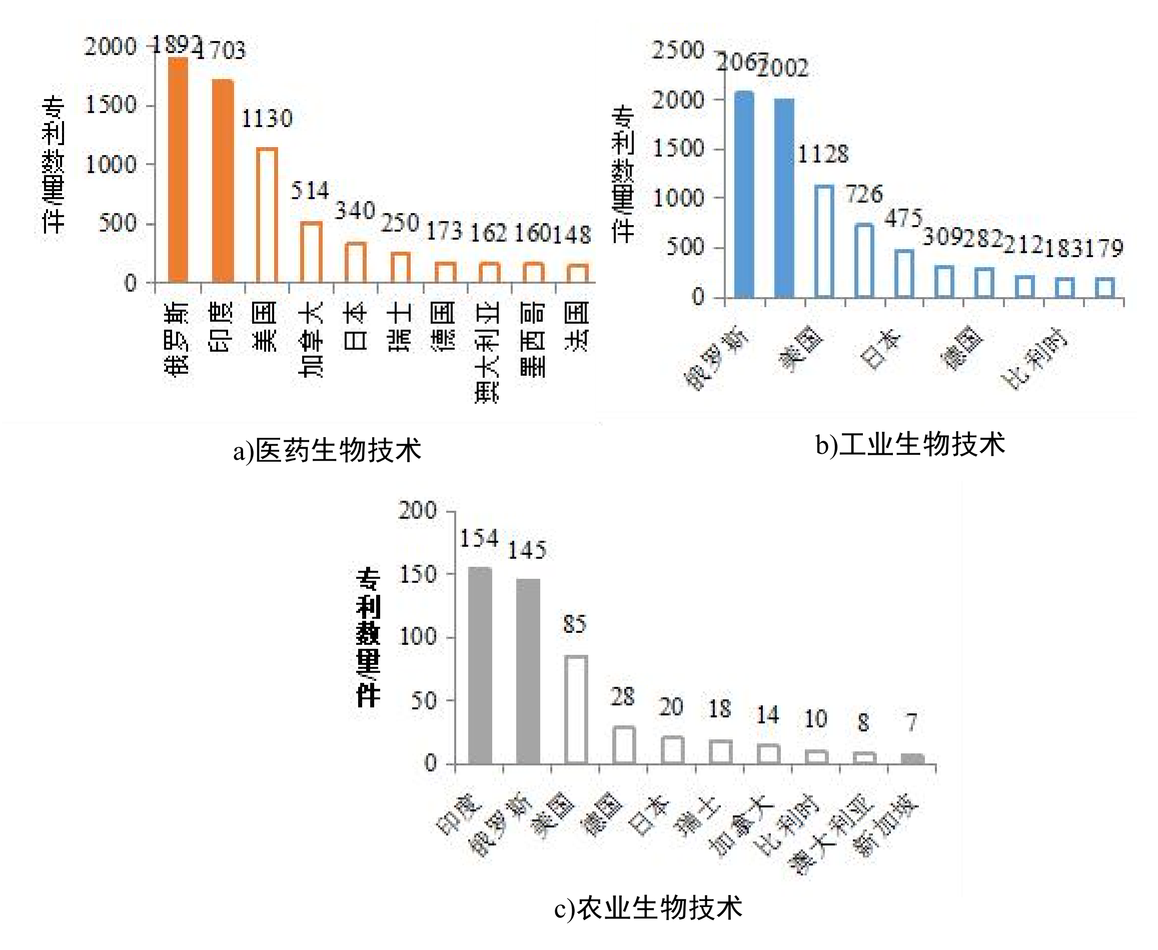
Fig.18 The share of biotechnology patents received by countries along the B&R routes, 2012-2016

2012~2016 年，“一带一路”沿线国家总计受理了医药生物技术发明专利 8203 件、工业生物技术发明专利 10608 件、农业生物技术发明专利 736 件，且受理数量呈逐年递增态势。从受理国的排名来看，仅印度一个国家的受理量在三大领域的占比均超过 60%，排在第二、三位的分别是俄罗斯和菲律宾，如图 19 所示。

根据 2012~2016 年“一带一路”沿线国家受理的三大领域发明专利的申请人国别信息，俄罗斯和印度均位居前两位，然而三大领域前 10 名国别中的其他 8

个国家多来自非“一带一路”沿线国家，美国、加拿大、日本、瑞士、德国等是在“一带一路”沿线国家寻求生物技术专利保护布局的主要域外国家和地区。

与上述国家和地区相比，中国在此期间在“一带一路”沿线国家仅布局了 109 件发明专利申请，其中医药生物技术 51 件、工业生物技术 53 件、农业生物技术 5 件，均未进入前 10 位，与美国、加拿大、日本等国家在“一带一路”沿线国家的专利保护力度相比，中国的布局力度较弱。



a)医药生物技术

b)工业生物技术

c)农业生物技术

图 19 “一带一路”沿线国家受理生物技术专利的申请国 TOP10（2012-2016）

Figure 19 Top 10 applicants based on the number of applications for biotechnology patents received by countries along the B&R routes, 2012-2016.

4 结论与发展建议

从“一带一路”沿线国家在生物技术领域取得的基础研究进展来看，近 5 年（2012-2016 年）内，“一带一路”沿线国家在医药、工业、农业生物技术领域发表研究论文总量近 30 万篇，占全球发文总量的 1/6。其中，工业生物技术领域发文数量增长最快，年均增长率为 8.25%。约 1/3 的研究论文是通过域外国际合作（即与非“一带一路”沿线国家合作）的形式共同研究和发表的，高被引论文中域外国际合作发表的比例超过了 60%。中国是“一带一路”沿线国家合作论文的主要国家之一，与中国合作发文的总量占其全部论文数量的 2.41%。印度、以色列、波兰、新加坡、捷克等是“一带一路”沿线国家中发表生物技术领域研究论文相对较多的国家。

从“一带一路”沿线国家在生物技术领域取得的专利技术研发进展来看，近5年内，“一带一路”沿线国家在医药、工业、农业生物技术领域共申请15689件专利，在全球占比3.4%。其中，工业生物技术领域专利产出的增长趋势较为显著，年均增长率达到20.2%。印度、以色列、俄罗斯和新加坡是“一带一路”沿线国家中申请生物技术领域发明专利相对较多的国家，合计占比超过80%。此外，由于专利申请具有排他性，“一带一路”沿线国家域外合作申请的活跃程度有限，其中与中国合作申请发明专利的数量仅为27件。

“一带一路”沿线国家生物技术产业具备了一定的资源和技术基础，既有印度这样具有产能优势与广阔市场的生物技术大国，也不乏新加坡、以色列这样的拥有前沿技术和良好商业环境的生物技术创新型国家，但目前尚缺乏在技术上引领及在市场上主导全球的生物技术强国。同时，“一带一路”沿线国家也是国际生物技术专利布局的重要区域，印度、俄罗斯和菲律宾是“一带一路”沿线国家中受理生物技术领域方面专利相对较多的国家。美国、加拿大和日本等国家与地区是在“一带一路”沿线国家寻求生物技术专利保护的主要域外主体。中国在“一带一路”沿线国家的专利布局力度相对较弱，仅布局了109件发明专利。

总体来看，“一带一路”沿线国家在生物技术领域的总体发展呈上升态势，与中国的合作互利共赢也在逐步深化。随着“一带一路”战略构想的不断发展，将进一步有利于相关资源、技术与产业的流通和融合，促进沿线国家现代生物产业的长足发展。同时，也应当看到，中国与“一带一路”沿线国家的发展合作仍面临一定的竞争和挑战，宜抓住历史机遇，前瞻布局、拓展路径，进一步深化科技合作、加强互利互通、开展联合攻关和产能合作，积极推动国家与区域的科技与社会经济发展。

首先，要着眼国家与区域经济发展的重大战略规划布局，进一步深化生物技术领域的高层次科技交流与合作。加强与“一带一路”沿线国家的信息共享、学术交流、技术合作、教育培训等，制订有针对性的科技创新行动计划，通过开展科技交流和人员往来，以及共建联合实验室、建设科技组织联盟、技术引进孵化中心等多种举措，进一步深化生物技术领域的高层次科技交流与合作。

其次，宜结合我国生物技术产业发展的实际需求，推动调整优化产业升级，深化供给侧结构性改革。提高供给结构对需求变化的适应性和灵活性，积极化解产能过剩矛盾，促进行业经济健康发展；进一步协调加快完善产业集群建设，培育一批具有国际竞争实力的代表性企业；建设双边特色产业国际合作园区，引导龙头企业到海外建设境外合作园区。

最后，应瞄准国际行业市场特点，强化生物技术产业发展战略选择，采取具有可操作性的优势策略。随着全球化进程的加快，应针对各个国家与地区不同的资源禀赋、产业基础和区域经济发展特色，创新合作方式，制定合理的国际合作重点和策略，提升重点领域开放合作水平。例如，对于技术基础雄厚的国家与地区，注重人才与技术的引进和学术交流，针对市场需求强化产品与服务的输出；对于成长中的新兴经济体，注重开展学术交流与技术合作，优势互补，联合进行产业投资、技术攻关和市场拓展，侧重设备与人力的输出；对于技术暂时落后的国家与地区，注重市场机会的发掘与产业链条的培育，考虑非核心知识产权的技术输出及资源共享与共同开发。

参考文献：

[1] 袁新涛. “一带一路”建设的国家战略分析[J]. 理论月刊，2014(11):5-9.
[2] 刘卫东. “一带一路”战略的科学内涵与科学问题[J]. 地理科学进展，2015，34(5):538-544.
[3] 王吉泉,谢菡,马建华.发展中国家生物技术竞争力分析报告[J]，科学观察，2017,12(2)：
[4] OECD, A Framework for Biotechnology Statistics, [EB/OL]. [2015-05-30]. http://www.oecd.org/sti/biotech/aframeworkforbiotechnologystatistics.htm, May 2015
[5] 孙畅. 新加坡在“一带一路”战略中的地位和作用[J]. 商，2016(17):138-139.
[6] Ge Hongliang. Singapore’s role in Belt and Road initiative shouldn’t be dismissed [EB/OL]. [2017-05-23]. http://www.globaltimes.cn/content/1048302.shtml
[7] “一带一路”微生物资源利用技术合作网络开始启动，[2017-12-15]. http://www.im.cas.cn/xwzx/ttxw/201505/t20150529_4365325.html.
[8] 张黎，杨立秋. 解码以色列生物医药行业快速发展之谜[J]. 精细与专用化学品，2015，23(3):5-14.
[9] Biotech in Israel: A Land of Promise [EB/OL].[2017-12-12]. https://www.sogou.com/link?url=DSOYnZeCC_rAL5Wipw8b2n2Y87d3npBu3fCO0rO7ZuRK-4jyj73eFXWUo6v43-qJtbDNESPXt5oU5I-iBoeYgcOepARz55NTreaVHN88tHY.
[10] 思柯. 印度科技炼成记[J]. 世界科学，2015(6).
[11] Kumar A, Srivastava L. Biotechnology industry in India: Opportunities or challenges[J]. African Journal of Business Management，2012，6(44):10834-10839.
[12] Rangasamy N, Elumalai K. Market Opportunities and Challenges for Agri-Biotech Products in India[J]. Agricultural Economics Research Review，2009，22(2009).
[13] 中科院微生物所. “一带一路”微生物资源利用技术合作网络开始启动[EB/OL].(2015-05-29)[2017-12-15]. http://www.im.cas.cn/xwzx/ttxw/201505/t20150529_4365325.html.
[14] Tosun J. Agricultural Biotechnology in Central and Eastern Europe: Determinants of Cultivation Bans[J]. Sociologia Ruralis，2014，54(3):362–381.
[15] Senker J, Enzing C, Reiss T. Biotechnology policies and performance in central and eastern Europe[J]. Synthesis，2008，1989(51):542-544.
[16] 中非贸易研究中心.安琪酵母拟在埃及投资新建年产 12000 吨酵母抽提物工厂[EB/OL].(2017-03-27)[2017-12-15]. http://news.afrindex.com/zixun/article8694.html.
[17]安琪酵母拟在俄投建 2 万吨酵母项目[EB/OL].(2015-07-01)[2017-12-15]. http://stock.sohu.com/20150701/n416007629.shtml
[18] 日照金禾生化公司柠檬酸项目落户匈牙利[EB/OL].(2014-09-10)[2017-12-15]. http://sd.ifeng.com/rizhao/zhaoshangyinzi/detail_2014_09/10/2895888_0.shtml?_from_ralated
[19] 安徽丰原生物化学股份有限公司兴建的柠檬酸发酵工厂在匈牙利索尔诺克工业园奠基[EB/OL].(2014-09-09)[2017-12-15]. http://www.mofcom.gov.cn/article/i/jyjl/m/201409/20140900725194.shtml